

ОСОБЕННОСТИ РАСШИФРОВКИ ДИЛАТОГРАММ С ФОРМИРОВАНИЕМ ФОНА КРИВЫХ ТКЛР

Цветкова К.Ю.¹, Михайлов С.Б.¹, Михайлова Н.А.²

профессор, д.т.н. Гervasъев М.А.¹

¹ ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России»,

г. Екатеринбург

² УрГУПС, г.Екатеринбург

cvetkovaky@mail.ru

Дилатометрия весьма часто применяется для получения информации о температурных интервалах протекания фазовых и структурных превращений в материалах. Обычно для этого используются перегибы на дилатограммах дифференциальных измерений либо экстремумы на дилатограммах прямых измерений. Однако при использовании данных подходов возникает возможность неоднозначной трактовки температур начала и конца фазовых превращений.

В работе [1] было предложено выявление температурных интервалов проводить с использованием кривых истинных значений температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), получаемых при пересчете дилатограмм прямых измерений. В этом случае протекание превращений представляется в виде максимумов на общем фоне монотонного изменения кривой ТКЛР. Данный подход, на наш взгляд, дает более подробную информацию о протекании фазовых и структурных превращений.

Для однозначной интерпретации эффектов ТКЛР, по аналогии с обработкой кривых хроматографии, термического анализа, измерений механической спектроскопии, предложено исходить из гипотезы о том, что имеется фоновая кривая ТКЛР, которая отражает фундаментальные особенности теплового расширения твёрдых тел. При решении проблемы однозначного проведения этой кривой попытались разработать алгоритм. При решении данной задачи был проведён анализ результатов измерений температурных зависимостей ТКЛР ряда сталей, представленных в справочнике под редакцией Неймарк Б.Е.[2].

В результате получили, что для сталей в отоженном состоянии уровень значений ТКЛР существенно зависит от типа кристаллической решетки матрицы. Так, в случае с ОЦК, значения фоновой кривой группируются относительно уровня $14...17 \times 10^6 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$, а в случае ГЦК $19..23 \times 10^6 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$, независимо от содержания углерода и дополнительного легирования. Подобная особенность навела на мысль, что кривые выделяемого фона ТКЛР отражают фундаментальные особенности взаимодействия атомов, которые присутствуют в составе стали в максимальном количестве. В данном случае это атомы железа. Вклад

взаимодействий остальных атомов пропорционален их содержанию и, в основном, укладывается в разброс не более 10%.

В соответствии с акустической моделью твердого тела фундаментальные особенности формирования ТКЛР описываются законом Дюлонга-Пти и законом Дебая (с учетом коэффициента Грюнайзена) во всём температурном диапазоне шкалы Кельвина. Учитывая это, для выбора типа фоновой кривой было решено использовать результаты измерений теплового расширения некоторых элементов периодической системы Д.И.Менделеева, которые приведены в работе С.И.Новиковой [3].

Оказалось, что в рамках пакета Excel невозможно описать эти кривые полиномом, т.к. экспериментальные результаты предоставлены в виде двух составляющих – высоко- и низкотемпературной. В результате общая кривая ТКЛР имеет сложный вид и не может быть описана какой-либо простейшей кривой. Поэтому на основе проведённого анализа для обработки кривых ТКЛР в рамках пакета Excel было решено, чисто формально, использовать тренд логарифмической зависимости. Для его построения достаточно использовать как минимум только две реперные точки. Первая точка – это нулевое значение ТКЛР для всех материалов при температуре абсолютного нуля, в качестве второй точки можно выбрать имеющиеся измеренные значения ТКЛР в районе комнатных температур при условии отсутствия в этом диапазоне фазовых превращений.

Однако при построении такого тренда логарифмической зависимости возникают несовпадения с экспериментальной кривой ТКЛР в низкотемпературной и высокотемпературной части. В связи с этим для низкотемпературной части формально вводим квантово-механическую поправку. Несовпадение с высокотемпературной частью связано с вакансионным вкладом формирования ТКЛР. Эта поправка широко обсуждается в работе Новиковой [3].

С учетом этих поправок логарифмическая зависимость должна отражать фундаментальные особенности взаимодействия основных атомов в сплаве в зависимости от вида пространственного упорядочения атомов. Пространственное упорядочение в данном случае отражается значением коэффициента перед логарифмом. Так, для железа, в случае ОЦК данный коэффициент приобретает значения порядка $2,0...2,3 \times 10^6 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ и соответственно $2,9...3,3 \times 10^6 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ в случае ГЦК. Однако в связи с небольшим количеством обработанных экспериментальных кривых ТКЛР эти цифры пока носят оценочный характер и требуют дальнейшего уточнения.

Используя полученный коэффициент формулы тренда логарифмической зависимости, восстанавливаем кривую предлагаемого фона ТКЛР в соответствии с температурными точками экспериментальной кривой. В результате наложения линии фона на экспериментальную

кривую любое фазовое либо структурное превращение проявляется в виде максимума относительно фоновой кривой.

Этот максимум в случае фазового превращения с изменением типа кристаллической решётки можно интерпретировать «статической» и «динамической» компонентами кривой ТКЛР. Можно предположить, что статическая компонента имеет линейный вид и определяется процентным содержанием фаз в структуре сплава. Динамическая компонента, в этом случае, должна иметь колоколообразный вид и отражать кинетические особенности протекания превращения, и в первую очередь соответствовать количеству тепловой энергии, выделяемой, либо поглощаемой микрообъёмами материала в момент превращения. На наш взгляд, именно в этом направлении необходимо проводить дальнейший анализ отмеченных эффектов ТКЛР.

Таким образом, предлагаемый алгоритм проведения фоновой кривой при обработке дилатограмм ТКЛР должен позволить однозначно выделять эффекты ТКЛР, отражающие фазовые превращения в сплаве.

1. Использование дилатометрических и термических эффектов при изучении фазовых превращений сталей доэвтектоидного класса. Цветкова К.Ю., Михайлов С.Б., Михайлова Н.А. Материалы V Международной школы с элементами научной школы для молодежи. 26 сентября-1 октября 2011, Тольятти. Стр. 199-200.

2. Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике. Справочник под ред. Неймарк Б.Е. М-Л «Энергия», 1967. – 238 с.табл.

3. Новикова С.И. Тепловое расширение твердых тел. Изд-во «Наука», 1974.-294 с.